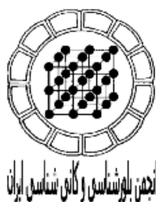
مجله بلورشناسی و کانی شناسی ایران

مقاله پژوهشی

سال سی ام، شمارهٔ سوم، پاییز ۱۴۰۱، از صفحهٔ ۳۸۱ تا ۳۹۶



کانی شناسی، زمین‌شیمی و سیال‌های درگیر در کانسار چند فلزی قربان (Pb-Cu-Zn-Ag- Au)، جنوب شرق دامغان، شمال ایران مرکزی

سعید صفری سرکله[1]، محمد یزدی*[1]، فاطمه فراهانی کنگرانی[2]، معصومه زارع شولی[3]

۱- گروه زمین‌شناسی، دانشکده علوم زمین، دانشگاه شهید بهشتی

۲- شرکت کیان معدن پارس، تهران

۳- گروه زمین شناسی، دانشکده علوم پایه، دانشگاه لرستان

(دریافت مقاله: ۱۴۰۰/۷/۲۴، نسخه نهایی: ۱۴۰۰/۱۰/۱۱)

چکیده: کانسار چندفلزی قربان در کرانه شمالی پهنه ایران مرکزی و در رشته کوه ترود- چاه شیرین، در انتهای شمال شرق منطقه اکتشافی چشمه حافظ واقع است. سنگ‌های بستر منطقه بیشتر شامل آندزیت- بازالت، آندزیت، تراکی آندزیت همراه با توف و آگلومرا، توف برشی و برش آتشفشانی هستند. این سنگ‌ها به‌طور گسترده توسط سیال‌های گرمابی دگرسان شده‌اند. دگرسانی‌ها در منطقه معدنی قربان شامل پروپلیتی، سریسیتی، کلریتی، آرژیلی و سیلیسی شدن هستند. کانه‌زایی در این منطقه به دو صورت درونزاد و برونزاد رخ داده است. بررسی‌های زمین‌شیمیایی نشان می‌دهد که عنصر مس با سرب و روی همبستگی بسیار ضعیف و با نقره همبستگی مثبت و شدیدی دارد. همچنین طلا بیشترین همبستگی را با نیکل دارد. بررسی میانبارهای سیال در نمونه‌های کوارتز و کلسیت نشان می‌دهد که آنها در دمای اتاق، دوفازی غنی از مایع هستند که بیشتر آن‌ها تنها از مایع آبگین و تعداد کمی نیز از مایع آبگین به همراه حباب بخار تشکیل شده‌اند. بر اساس بررسی‌های سیال‌های درگیر، دمای همگن‌شدگی و شوری در منطقه قربان به ترتیب ۲۵۴-۱۱۲ درجه سانتی گراد و ۰٫۸۸ تا ۱۸٫۲۲ درصد وزنی معادل نمک طعام است. نمودار دمای همگن‌شدگی و شوری سیال نشان می‌دهد که کانی‌سازی در منطقه بر اثر تزریق متناوب سیال با شوری بالا و آمیختگی با سیال با شوری کمتر و رقیق‌شدگی آن رخ داده است. براساس داده‌های کانی‌شناسی، زمین‌شیمیایی و میانبارهای سیال، کانسار چندفلزی قربان در گستره کانسارهای فراگرمایی قرار دارد.

واژه‌های کلیدی: *کانسار چندفلزی؛ کانی سازی فراگرمایی؛ منطقه قربان؛ دامغان؛ ایران مرکزی.*

مقدمه

منطقه اکتشافی قربان در شمال شرق چشمه حافظ و در غرب رگه اصلی معدن چشمه‌حافظ، در منطقه طول‌های جغرافیایی ″۵۴°۴۴′۲۱ تا ″۵۴°۴۵′۲۲ شرقی و عرض های جغرافیایی ″۳۵°۲۵′۲۶ تا ″۳۵°۲۴′۵۹ شمالی قرار دارد. این منطقه در کرانه شمالی پهنه ایران مرکزی قرار دارد و از نظر زمین شناسی بخشی از کمربند آتشفشانی- نفوذی ترود- چاه شیرین بوده که این کمربند بین دو گسل ترود در جنوب و انجیلو در شمال واقع است [۱-۶]. بیشتر دگرگونی‌های زمین‌شناسی منطقه مربوط به گسل‌های با راستای موازی با گسل درونه (شمال شرق– جنوب‌غرب) است [۷]. گسل‌های منطقه شامل دو گروه اصلی و فرعی است. روند گسل‌های اصلی N60-70E موازی با گسل ترود (شمال شرق – جنوب غرب) است. این گسل‌ها دارای دو نوع جابه‌جایی عمودی با شیب ۸۰ درجه هستند. روند گسل‌های فرعی N20-30E است [۷] (شکل ۱). با توجه به قرارگیری منطقه در پهنه ترود- چاه شیرین و فعالیت آتشفشانی شدید در منطقه، بخش عمده سنگ‌های رخنمون‌دار در منطقه شامل سنگ‌های آتشفشانی- رسوبی

*نویسنده مسئول، تلفن: ۰۹۱۲۲۴۷۲۸۵۴، نمابر: ۲۶۲۶-۲۹۹۰۲-۰۲۱، پست الکترونیکی: m-yazdi@sbu.ac.ir

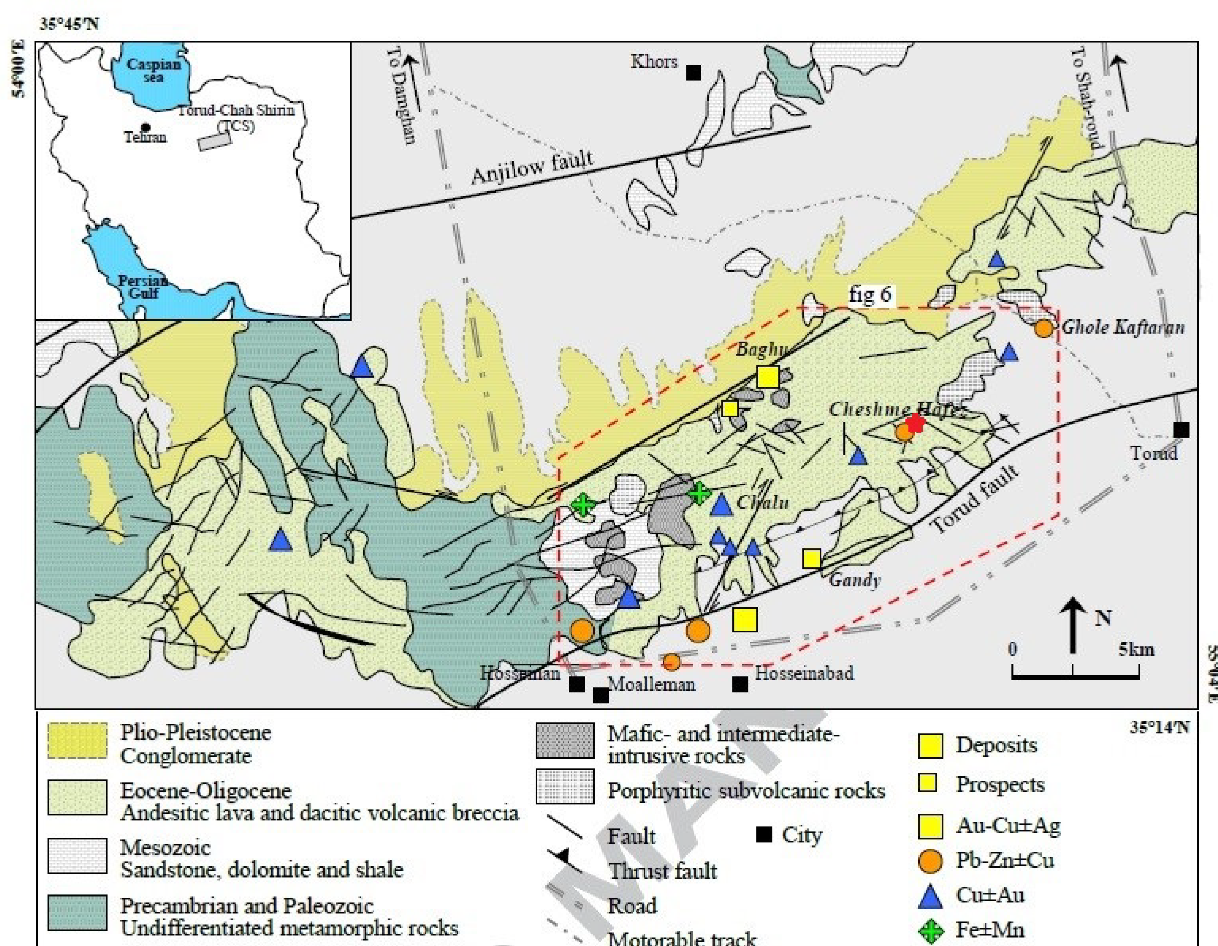
[DOR: 20.1001.1.17263689.1401.30.3.1.9]

[DOI: 10.52547/ijcm.30.3.381]

است که توده‌های بعدی در آنها نفوذ کرده‌اند و اغلب دارای روند عمومی شمال شرقی- جنوب غربی هستند. از پژوهش‌های پیشین پیرامون این منطقه می‌توان به مراجع [۷-۳۱] اشاره کرد. در این پژوهش، کانی شناسی، توالی کانیایی، پهنه‌های دگرسانی، دماسنجی سیال‌های درگیر و سرانجام خاستگاه کانسار قربان براساس یافته‌های سنگ‌نگاری و زمین‌شیمیایی بررسی می‌شود.

روش انجام پژوهش

برای انجام این پژوهش، طی عملیات صحرایی در منطقه معدنی قربان تعداد ۶۰ نمونه از رگه‌ها، تونل‌ها و سنگ‌های دارای رخنمون به منظور بررسی‌های سنگ‌شناسی، دگرسانی، کانی-شناسی و زمین‌شیمیایی برداشت شد. تعداد ۲۰ مقطع نازک و ۲۰ مقطع صیقلی برای بررسی‌های سنگ‌شناسی، دگرسانی، کانی‌شناسی و تعیین توالی همبرزایی از نمونه‌ها تهیه شد. به منظور تعیین عناصر اصلی و فرعی، تعداد ۱۴ نمونه به روش طیف‌سنجی نشر نوری پلاسمای جفت شده القایی (ICP-OES) در آزمایشگاه مرکز تحقیقات فرآوری مواد معدنی ایران تجزیه شدند. همچنین تعداد ۱۰ نمونه به روش طیف‌سنجی پراش پرتو ایکس (XRD) بررسی شدند. برای بررسی سیال‌های درگیر نیز، از نمونه‌های برداشت شده از رگه-های کوارتزی و کلسیتی در منطقه معدنی، تعداد دو مقطع دو بر صیقل مناسب در آزمایشگاه کانی‌شناسی مرکز تحقیقات فراوری مواد معدنی ایران تهیه شد. در آزمایشگاه نامبرده نخست بررسی‌های سنگ‌نگاری روی سیال‌های درگیر انجام شد و سپس پارامترهای دمایی با صفحه گرم‌کننده و منجمدکننده لیکام مدل THMS600 نصب بر میکروسکوپ زایس Axioplan2 اندازه گیری شدند.



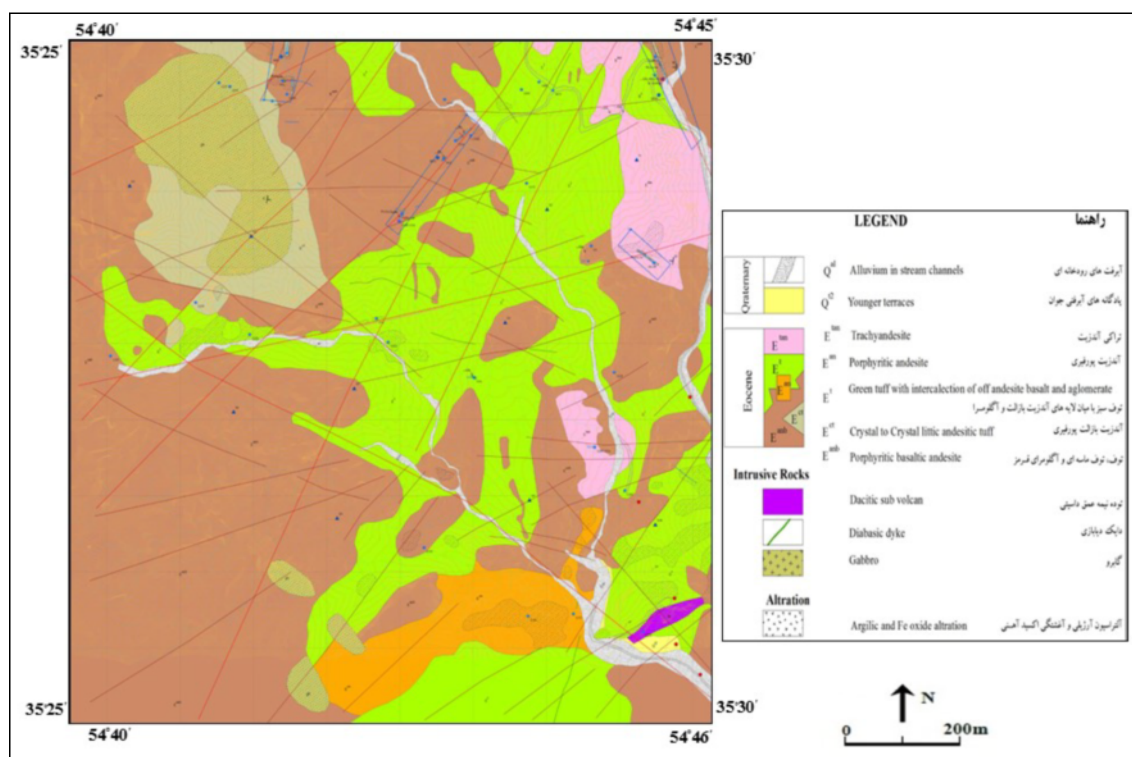
شکل ۱ نقشه زمین‌شناسی ساده شده از کمربند ترود- چاه شیرین (TCS) که نشان دهنده واحدهای سنگی اصلی، مناطق اصلی کانه‌زایی، و ساختارهای وابسته است. منطقه معدنی قربان با علامت ستاره مشخص شده است [۸].

[DOR: 20.1001.1.17263689.1401.30.3.1.9]
[DOI: 10.52547/ijcm.30.3.381]

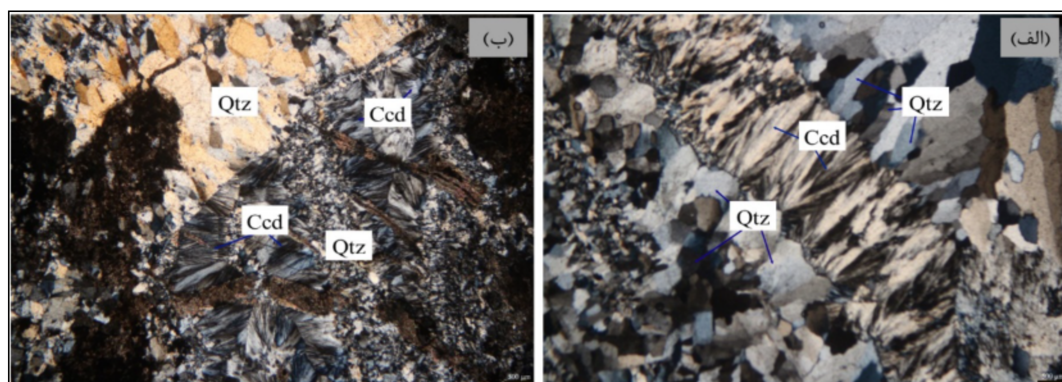
بررسی‌های سنگ‌شناسی و دگرسانی منطقه

منطقه اکتشافی قربان در بخش غربی نقشه زمین‌شناسی ۱:۱۰۰۰۰۰ معلمان واقع است. واحدهای سنگی عمده در منطقه معدنی مورد بررسی، سنگ‌های آتشفشانی و آذرآواری با سن ائوسن میانی- پسین هستند [۷]. این مجموعه شامل گدازه‌های آندزیتی، تراکی آندزیت، آندزیت بازالتی و مواد آذرآواری ائوسن است [۷]. این مجموعه واحدهای آتشفشانی-رسوبی با توده‌های نفوذی قطع شده است. این نفوذی‌ها شامل توده گابرویی هستند که در ادامه توصیف می‌شوند (شکل ۲).

واحد آندزیت- بازالتی (E^{and}): این واحد بیشترین رخنمون را در نیمه‌غربی منطقه با روند عمومی شمال شرقی– جنوب غربی و شیب به سمت جنوب شرق دارد. این سنگ در رخنمون طبیعی به رنگ خاکستری تا قهوه‌ای تیره است که گاهی به صورت صخره‌ساز و گاه به صورت ملایم و تپه ماهوری دیده می‌شود. بافت غالب سنگ پورفیری است. این سنگ از درشت بلورهای پلاژیوکلاز و پیروکسن تشکیل شده است که در زمینه ریزسنگی و شیشه‌ی آتشفشانی قرار دارند (شکل‌های ۳ و ۴).

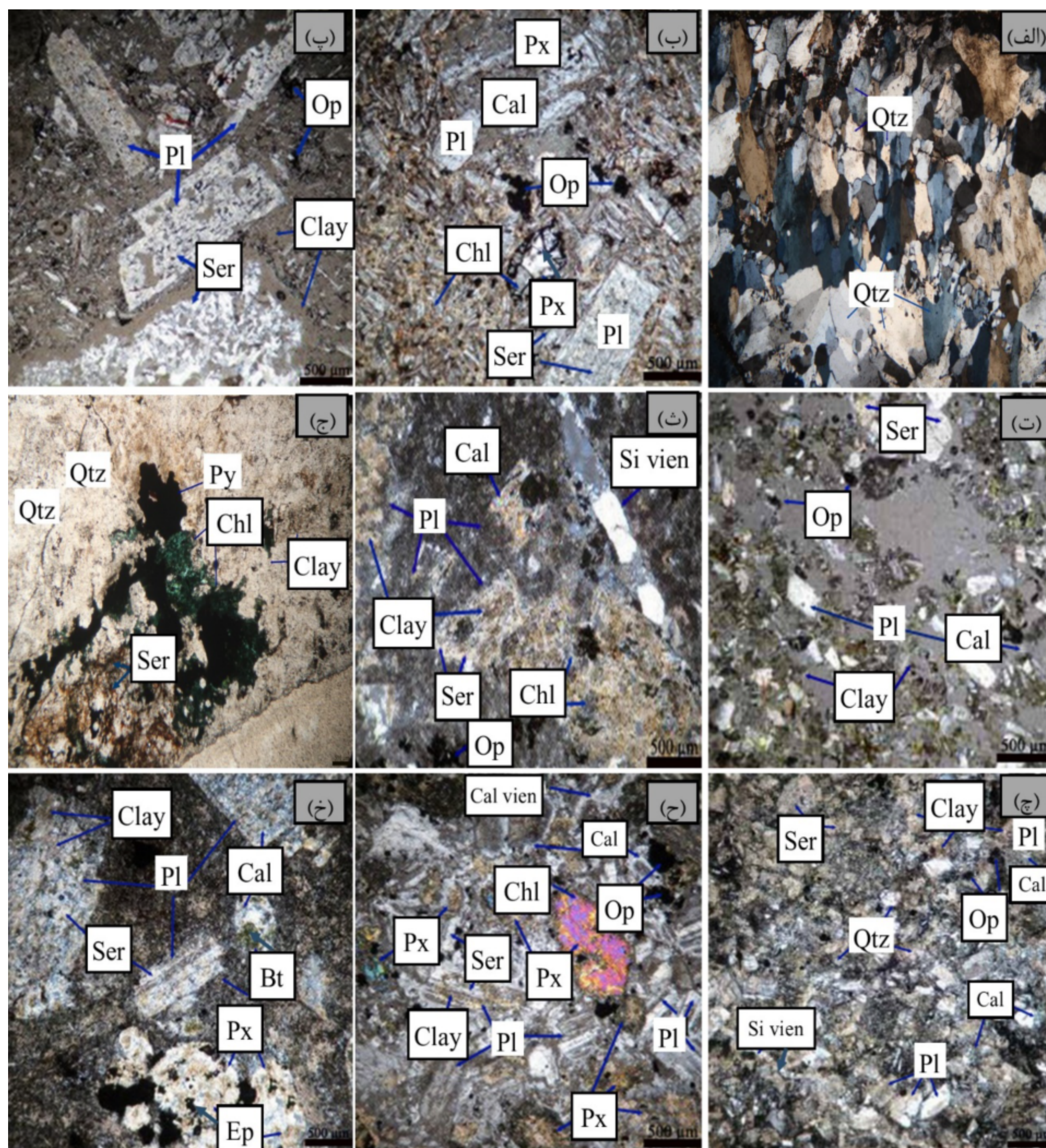


شکل ۲ نقشه زمین‌شناسی ۱:۱۰۰۰ منطقه معدنی قربان [۳۱].



شکل ۳ الف) بافت شانه‌ای و نواربندی قشرگون در رگچه‌ها. ب) بافت برشی در رگه‌های سیلیسی که کالسدونی‌ها (Ccd) شکل بافت اسفرولیتی به خود گرفته‌اند.

[DOR: 20.1001.1.17263689.1401.30.3.1.9]
[DOI: 10.52547/ijcm.30.3.381]



شکل ۴ الف) سنگی با کوارتز بسیار (نور قطبیده متقاطع، xpl). ب) دگرسانی پلاژیوکلاز به کانی‌های رسی، سریسیت و کلسیت و همچنین تجزیه بلورهای پیروکسن به کانی‌های کلسیت و اپیدوت در سنگ های آندزیتی (دگرسانی پروپلیتی) (نور xpl). پ) تجزیه درشت بورهای پلاژیوکلاز به سرسیت و کانی‌های رسی در تراکی آندزیت‌ها (دگرسانی آرژیلی) (نور قطبیده صفحه‌ای، ppl). ت) بافت پورفیری و تجزیه پلاژیوکلازها در واحد توفی همراه با گدازه آندزیت بازالتی (نور xpl). ث) آمفیبول به شدت به کلسیت، کلریت و اکسیدهای آهن تجزیه شده و آثاری از آن‌ها باقی نمانده است (نور xpl). ج) دگرسانی‌های سریسیتی (فیلیک) و کلریتی شامل کانی‌های کوارتز، پیریت، کلریت، سریسیت و کانی‌های رسی (نور xpl). چ) تجزیه پلاژیوکلازها به کانی‌های ثانویه از جمله کانی‌های رسی، کلسیت و بسیار کم به سریسیت در بلور توف‌ها (نور xpl). ح) بافت دانه‌ای در گابروهای منطقه (نور xpl). خ) درشت بلورهای پلاژیوکلاز و پیروکسن در سنگ‌های آندزیت بازالتی (نور xpl).

واحد آندزیتی (E^{an}): این واحد در جنوب - جنوب غرب منطقه به صورت افق‌های ضخیم لایه‌ای تا توده‌ای با روند عمومی شمال شرقی– جنوب غربی (N30) و شیب به سمت جنوب شرق (45SE) برونزد دارد. این سنگ دارای رنگ صحرایی خاکستری است و در بخش‌های دگرسان شده رنگ روشن دارد. این سنگ دارای بافت پورفیری و بادامی است. کانی‌های پلاژیوکلاز و پیروکسن درشت بلورهای این مقطع را تشکیل می‌دهند. بلورهای پلاژیوکلازها از بخش‌های مرکزی به کانی-های رسی، سریسیت و کلسیت تجزیه شده‌اند. کانی‌های پیروکسن موجود در این سنگ به شدت دگرسان شده و به کانی‌های ثانویه از جمله کلسیت و اپیدوت تجزیه شده‌اند (شکل ۴ خ).

واحد تراکی آندزیت (E^{tan}): این واحد در شمال شرق و شرق منطقه با روند عمومی شمال شرقی - جنوب غربی و شیب به سمت جنوب شرق برونزد دارد. این سنگ در سطوح هوازده به رنگ خاکستری تا قرمز آجری بوده و دارای بافت پورفیری است. بلورهای پلاژیوکلاز درشت بلورهای اصلی این سنگ را تشکیل می‌دهند. این سنگ از درشت بلورهای پلاژیوکلاز و هورنبلند تشکیل شده است که در زمینه پلاژیوکلازهای ریزسنگی و شیشه‌ی آتشفشانی قرار دارند. بلورهای پلاژیوکلاز به شدت به کانی‌های ثانویه از جمله سریسیت و کانی‌های رسی تجزیه شده‌اند (شکل ۴ پ).

واحد توف سنگی آندزیت- بازالتی (E^{t}): این واحد که شامل توف، توف سنگی و توف بلوری است بیشتر در نیمه شرقی منطقه برونزد دارد. واحد یاد شده لایه‌بندی نازک تا متوسط دارد. این واحد سنگی داری بافت پورفیری با زمینه شیشه‌ای است. کانی پلاژیوکلاز درشت بلورهای اصلی این واحد را تشکیل می‌دهد که به کانی‌های ثانویه از جمله کانی‌های رسی، سریسیت و بسیار کم به کلسیت تجزیه شده‌اند (شکل ۴ ت).

واحد توف بلوری آندزیتی (E^{ct}): این واحد در شمال غرب منطقه برونزد دارد و شامل توف بلوری و تا حدی توف بلوری سنگی است. رنگ صحرایی این واحد سیاه است و به صورت خشن و صخره‌ساز دیده می‌شود. این واحد سنگی دارای بافت پورفیری است. کانی پلاژیوکلاز درشت بورهای اصلی این واحد را تشکیل می‌دهد. بلورهای پلاژیوکلاز به کانی‌های ثانویه از جمله کانی-های رسی، کلسیت و بسیار کم به سریسیت تجزیه شده‌اند. مقدار کوارتز کمتر از ۵٪ است. افزون بر این، تعدادی قطعه‌های سنگی آواری ریز نیز در این سنگ دیده می‌شوند که دارای بلورهای پلاژیوکلاز به همراه کوارتز با زمینه شیشه‌ای آرژیلیکی شده هستند (شکل ۴ چ).

توده گابرویی (gb): این واحد شامل یک توده بزرگ گابرویی در شمال‌غرب منطقه و دو توده کوچک‌تر گابرویی در جنوب آن بوده که در سنگ‌های آتش‌فشانی- رسوبی ائوسن نفوذ کرده است. این سنگ از نظر ترکیب سنگ‌شناسی بیشتر از کانی‌های پلاژیوکلاز و کلینوپیروکسن با بافت دانه‌ای تا ریزدانه‌ای تشکیل شده است. کانی‌های فرعی سنگ شامل کانی‌های کدر و بلورهای ریز آپاتیت هستند (شکل ۴ ح).

توده های داسیتی (da): در جنوب شرقی منطقه مورد بررسی، یک توده اسیدی با ترکیب داسیتی برونزد دارد. این واحد دارای رنگ روشن (سفید - کرم) بوده و بیشتر از کانی‌های پلاژیوکلاز تشکیل شده است. این سنگ بافت پورفیری دارد. پلاژیوکلاز، کوارتز، بیوتیت و آمفیبول از کانی های اصلی و فلدسپار قلیایی از کانی‌های فرعی این سنگ هستند. در مقاطع، آمفیبول به شدت به کلسیت، کلریت و اکسیدهای آهن تجزیه شده و آثاری از آن‌ها باقی نمانده است و پلاژیوکلازها اغلب سرسیتی شده‌اند (شکل ۴ ث).

با توجه به بررسی‌های سنگ‌نگاری و صحرایی، منطقه مورد بررسی دستخوش دگرسانی‌های آرژیلی، پروپلیتی، سیلیسی، کلریتی و سرسیتی (فیلیک شده) است (شکل‌های ۴ پ، ج، خ). دگرسانی‌های سیلیسی، سرسیتی و آرژیلی مهم‌ترین دگرسانی-های مربوط به کانی‌سازی در منطقه هستند. شدت دگرسانی‌ها با نزدیک به رگه‌ها بیشتر می‌شود، بطوریکه درشت بلورهای پلاژیوکلاز و پیروکسن تقریباً بطور کامل به کانی‌های کربناتی ریزدانه، مسکوویت و بیوتیت تبدیل شده‌اند.

کانه‌زایی منطقه

براساس بازدیدهای صحرایی و شواهد زمین‌شناسی و ساختاری، وضعیت ماده معدنی در کانسار قربان به صورت رگه‌ای با سنگ میزبان آتشفشانی (سنگ‌های آندزیتی) است که به پهنه گسلی محدود می‌شود. کانه‌زایی در این منطقه ارتباط بسیار نزدیکی با گسل‌ها و شکستگی‌ها داشته و نقش کنترل کننده‌های ساختاری در تشکیل و توزیع رگه‌های کانه‌دار، قابل توجه و

[DOR: 20.1001.1.17263689.1401.30.3.1.9]
[DOI: 10.52547/ijcm.30.3.381]

انکار ناپذیر است. ساختارهای اصلی گسترش یافته در این منطقه گسل‌ها هستند. شواهد صحرایی و بررسی‌های انجام شده نشان داد که نفوذ توده‌های گابرویی، به ویژه دایک‌های داسیتی، در سنگ‌های آتشفشانی، همراه با عملکرد گسل‌ها در شکل‌گیری کانی‌سازی موثر بوده است. در این نوع کانی‌سازی، شکاف‌های موجود در اثر عملکرد سیال‌ها پر شده‌اند و کانه‌زایی نوع شکافه پرکن رخ داده است. در واقع، رگه و رگچه‌های سیلیسی سولفیددار (شامل کوارتز همراه با ماده معدنی)، در اثر فشار هیدرولیک سیال‌های کانه‌دار، درون سنگ‌های میزبان تزریق شده‌اند (شکل‌های ۲ الف و ب).

کانه‌نگاری

با بررسی کانه ها در مقاطع صیقلی و نازک- صیقلی، کانه‌زایی به انواع درونزاد و برونزاد قابل تقسیم است؛ کانه‌های درونزاد شامل گالن، کالکوپیریت، پیریت، هماتیت، مگنتیت، بورنیت، تتراهدریت و کالکوسیت هستند و سپس در اثر غنی‌شدگی‌های ثانویه، کانه‌های برونزاد شامل کوولیت، کالکوسیت، سروزیت، مالاکیت، آزوریت، کوپریت و اکسید و هیدروکسیدهای آهن (لیمونیت و گوتیت) تشکیل شده‌اند.

گالن (PbS): گالن فراوان‌ترین کانی سولفیدی در منطقه اکتشافی قربان است و به شکل‌های پراکنده، رگچه‌ای و توده‌ای دیده می‌شود. گالن در حالت توده‌ای اغلب با کالکوپیریت و تتراهدریت هم‌رشد است. همچنین عملکرد دگرسانی برونزاد باعث شده است که سروزیت و کوولیت از لبه‌های گالن در حال جانشینی به‌جای آن باشند (شکل ۵ چ). کانی‌های باطله هم به‌صورت رگچه‌ای و هم به‌صورت دانه‌ای در گالن دیده می‌شوند (شکل‌های ۵ ب، ت).

کالکوپیریت ($CuFeS_2$): پس از گالن، کالکوپیریت فراوان‌ترین کانی سولفیدی در منطقه قربان، است. کالکوپیریت به‌صورت پراکنده، رگه‌ای همراه با کالکوسیت یا گالن یا هر دو دیده می‌شود (شکل ۵ چ و ت و شکل ۶ د، ز و ر). که تحت در اثر دگرسانی برونزاد جانشین کانی‌های کولیت، کالکوسیت ثانویه و اکسیدهای آهن از جمله گوتیت شده‌است (شکل ۵ ت). کالکوپیریت به شکل ناآمیختگی در لبه‌های بعضی لکه‌های بورنیت دیده می‌شود و بخشی از کالکوپیریت‌ها نیز، با بورنیت بافت ناآمیختگی تشکیل داده‌اند (شکل ۵ ح).

پیریت (FeS_2): بر اساس بررسی‌های کانه‌نگاری، پیریت در منطقه معدنی قربان به صورت دو نسل قابل تفکیک است؛ پیریت نسل اول (پیریت‌های فرامبوییدی) به صورت نیمه شکل‌دار تا بی‌شکل و پراکنده در متن سنگ‌های توف میزبان دیده می‌شود. پیریت نسل دوم طی مراحل گرمابی همراه با کالکوپیریت شکل گرفته که اغلب به جز بلورهای ریز، چیزی از آن بر جای نمانده و به طور بخشی به هیدروکسیدهای آهن دگرسان شده است. تبدیل‌شدگی به هیدروکسیدهای آهن (گوتیت و لیمونیت) با بافت گل کلمی اغلب از لبه‌ها و مرز شکستگی‌ها انجام شده است (شکل ۵ ب، پ).

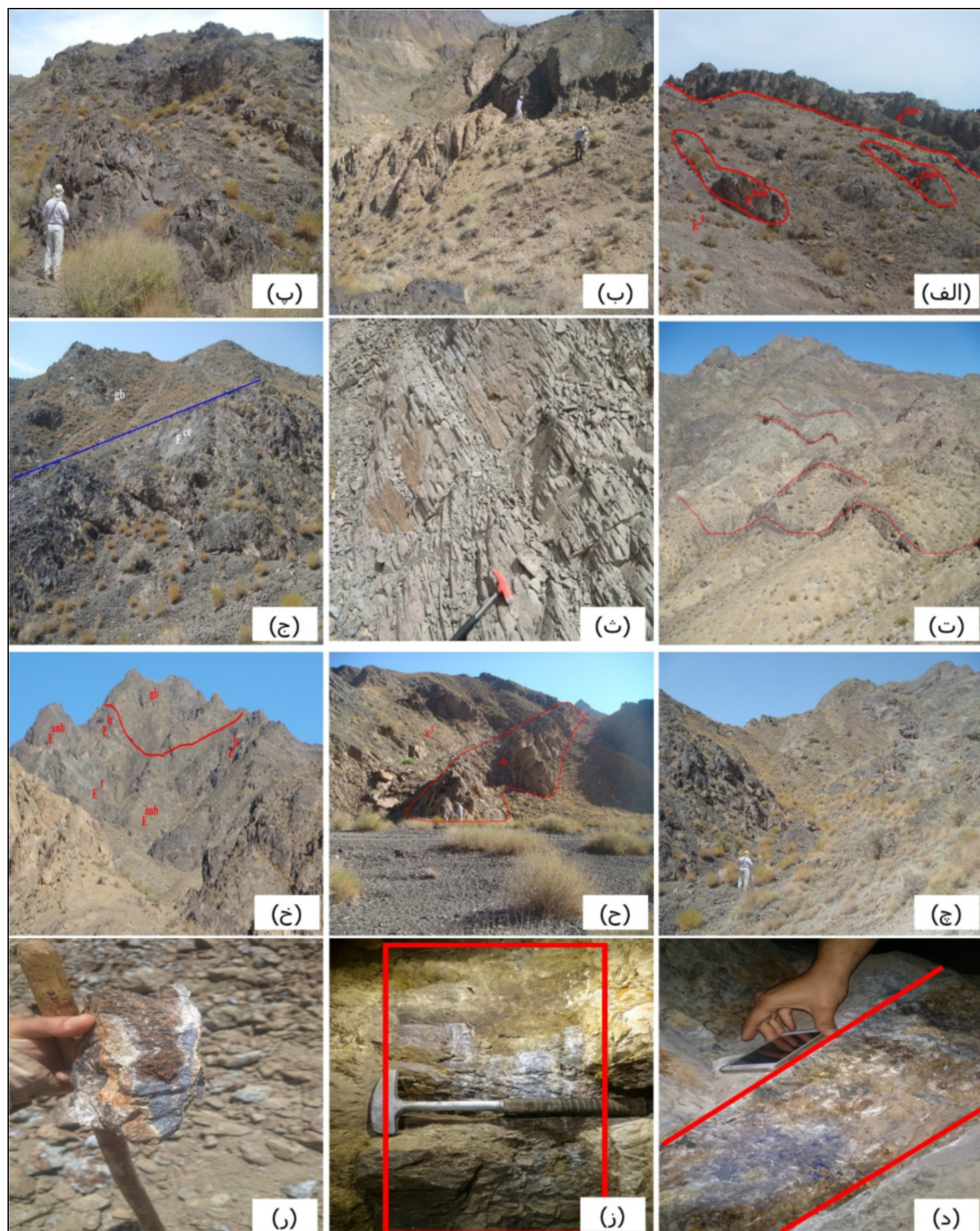
بورنیت (Cu_5FeS_4): بورنیت از دیگر سولفیدهای مس در کانسار قربان بوده که بر اساس بررسی‌های میکروسکوپی، به صورت اولیه و با فراوانی بسیار کم، همراه و همرشد با کالکوپیریت تشکیل شده است (شکل ۵ ح و خ). این کانی در اثر دگرسانی برونزاد با کالکوسیت، کوولیت و هیدروکسیدهای آهن در حال جانشینی است (شکل ۵ ح و خ).

تتراهدریت [$(Cu,Fe,Zn,Ag)_{12}Sb_4S_{13}$]: تتراهدریت مهم‌ترین کانی سولفوسالت در کانسار قربان بوده که بر اساس بررسی‌های میکروسکوپی، به صورت اولیه، همراه و همرشد با کالکوپیریت و گالن تشکیل شده است (شکل ۵ چ).

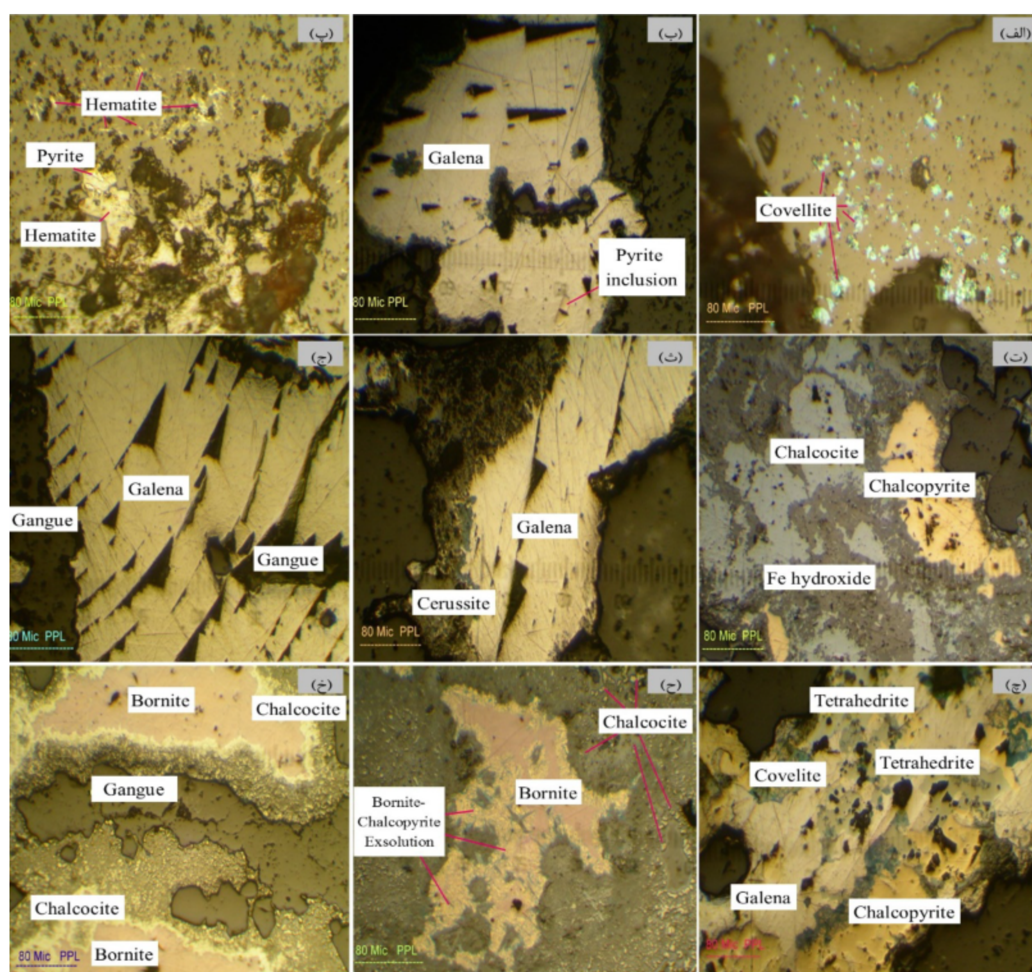
کالکوسیت و کوولیت (Cu_2S): کالکوسیت در منطقه معدنی قربان به صورت درونزاد و برونزاد قابل تفکیک است. کالکوسیت‌های درونزاد به‌صورت هم‌رشد با کالکوپیریت و گالن در منطقه قربان وجود دارند. در اثر فرآیندهای برونزاد بلورهای کالکوپیریت و بورنیت از لبه‌ها با کانه‌های کالکوسیت و کوولیت جانشین شده که نشان دهنده بافت جانشینی لبه‌ای است (شکل ۵ الف، ت، ح، خ).

سروزیت ($PbCo_3$): سروزیت از کانه‌های کربناتی ثانویه است که در برخی از منطقه معدنی قربان از تجزیه بلورهای گالن تشکیل شده و از لبه‌ها جانشین آن شده است. در برخی نقاط به علت شدت دگرسانی، تنها بقایایی از گالن دیده می‌شود (شکل ۵ ث).

[DOR: 20.1001.1.17263689.1401.30.3.1.9]
[DOI: 10.52547/ijcm.30.3.381]



شکل ۵ الف) نمایی از واحد تراکی آندزیتی (E^{tan})، دید به سمت شرق. ب) نمایی از واحد آندزیتی (E^{an}) (دید به سمت شمال). پ) نمایی از واحد آندزیت- بازالتی (E^{anb}) (دید به سمت شمال شرق). ت) نمایی از موقعیت دایک‌های منطقه با روند شرقی – غربی (دید به سمت شمال). ث) نمایی نزدیک از واحد توفی (E^{t}) و لایه‌بندی آن. ج) نمایی از واحد بلوری توف و توده گابرویی (دید به سمت شمال). چ) نمایی نزدیک از توده گابرویی (gb) (دید به سمت شمال شرق). ح) نمایی از دایک داسیتی (da) (دید به سمت شمال). خ) نمایی از توده گابرویی (gb) و موقعیت آن (دید به سمت شمال). د) کانه‌زایی کالکوپیریت، کالکوسیت و آزوریت در تونل قربان. ز) کانه‌زایی کالکوسیت و گالن. ر) کانه‌زایی سرب در بخش‌های جنوب غربی منطقه.



شکل ۶ الف) کولیت به‌صورت دانه‌های کوچکتر از ۴۰ میکرون پراکنده درون باطله‌ها که در اثر دگرسانی برنزا کالکوپیریت تشکیل شده است. ب) گالن کانه اصلی است و زمینه را تشکیل می‌دهد؛ گالن‌ها آزاد هستند و با کانی‌های سولفیدی دیگر درگیری ندارند؛ در یک مورد فقط یک میانبار ۴۰ میکرونی پیریت در گالن دیده شد. پ) تبدیل پیریت به هیدروکسیدهای آهن با بافت گل کلمی. ت) جانشینی کالکوپیریت با کالکوسیت ثانویه و اکسیدهای آهن. ث) جانشینی گالن با سروزیت در اثر دگرسانی برونزاد. ج) باطله بصورت میانبار و رگچه ای در گالن. چ) همرشدی گالن با کالکوپیریت و تترائدریت و جانشینی آن با کوولیت توسط دگرسانی برونزاد. ح) حضور کالکوپیریت به شکل ناآمیختگی در لبه‌های بورنیت (بافت ناآمیختگی). خ) جانشینی بورنیت با کالکوسیت در اثر دگرسانی برونزاد.

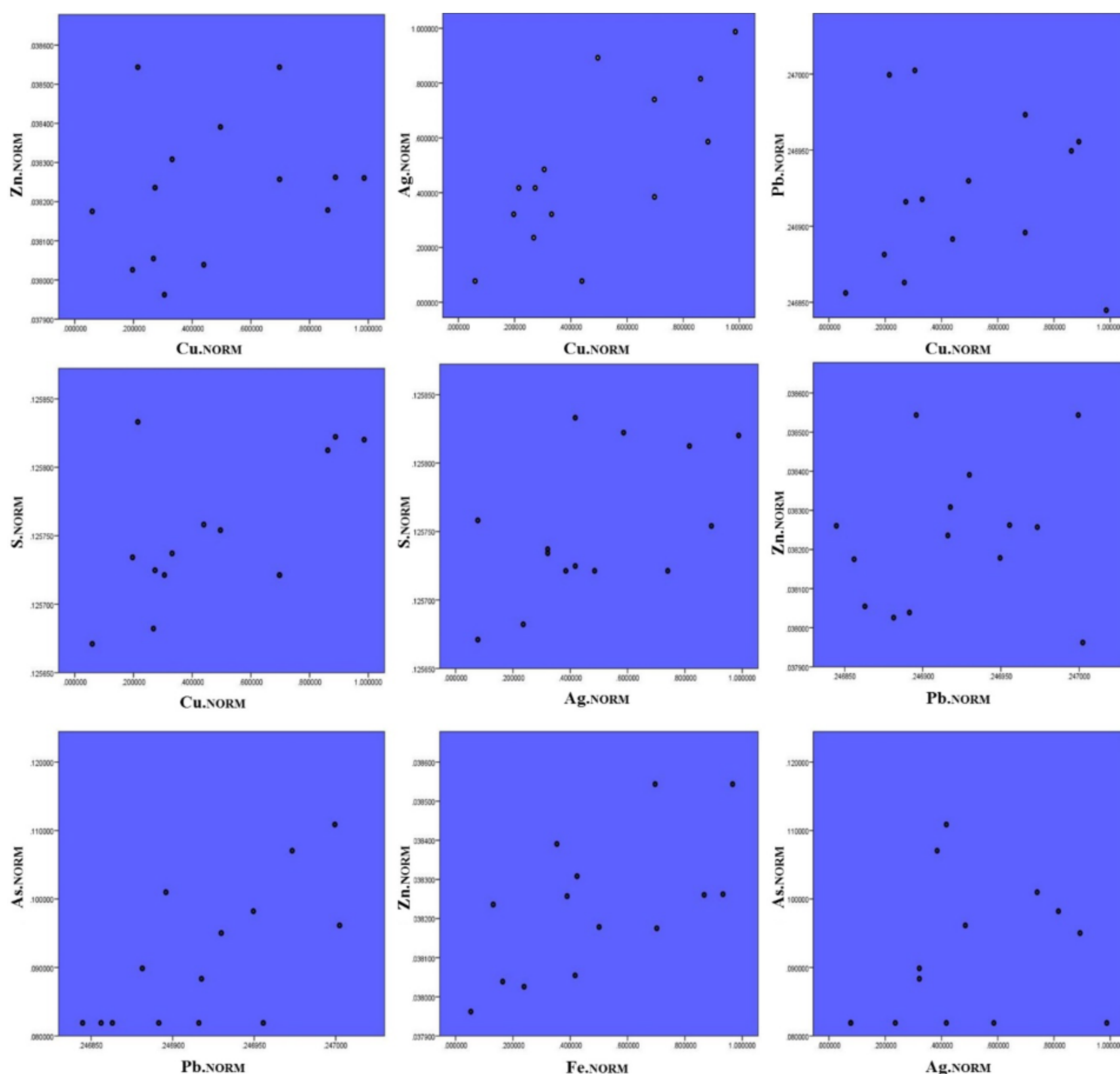
بررسی‌های زمین شیمیایی

براساس نتایج تجزیه شیمیایی ۱۴ نمونه برگزیده از بخش‌های مختلف رگه‌ها (جدول ۱)، پارامترهای آماری داده‌های بهنجار شده ۵ عنصر فلزی در منطقه معدنی قربان در جدول ۲ آورده شده است. برای بررسی همبستگی و رفتار زمین‌شیمیایی عناصر در رخنمون‌های سنگی و رگه‌های کانه‌دار از نمودارهای خوشه‌ای و هم بستگی ماتریس پیرسن و اسپیرمن استفاده شد (شکل ۷). در میان فلزات پایه نقره و مس همبستگی مثبت و شدیدی را نشان می‌دهند. همبستگی مثبت و شدید نقره و مس افزون بر اینکه بیانگر ویژگی‌های شیمیایی و شرایط تشکیل مشابه این دو عنصر است، می‌تواند مربوط به حضور ترکیب‌های نقره‌دار به‌صورت مستقل یا به صورت میانبار در کانی‌های مس‌داری چون کالکوپیریت باشد. همچنین عنصر مس با سرب و روی همبستگی بسیار ضعیف نشان می‌دهد؛ بنابراین افزایش کانی‌ها و عیار مس لزومی ندارد که با افزایش عیار سرب و روی ارتباط داشته باشد و افق‌های غنی از مس با افق‌های غنی از سرب و روی یکسان نیستند و در سطوح متفاوتی تمرکز یافته‌اند. از میان فلزات گرانبها، طلا همبستگی ضعیفی با فلزات پایه نشان می‌دهد و بالاترین همبستگی طلا با عنصر نیکل است. آرسنیک همبستگی مثبت و شدیدی با سرب دارد. ضریب همبستگی بالای سرب و آرسنیک به احتمال بسیار نشانگر حمل این عناصر در فاز سولفیدی بوده است. از سویی، آرسنیک و سرب با هم در محیط‌های قلیایی به صورت محلول حضور دارند؛ همبستگی بین این عناصر و کلسیم نشان دهنده

حمل آنها توسط محلول‌های گرمابی سرشار از کلسیم با ماهیت قلیایی است که طی فرآیندهای گرمابی در منطقه همراه با تشکیل رگه‌های کربناتی ته‌نشین شده‌اند [۳۳،۳۲]. عنصر گوگرد با مس همبستگی ضعیف نشان می‌دهد. این امر نشان می‌دهد که مس در بخش‌های سطحی کانسار به صورت ترکیب‌های سولفیدی کم اهمیت بوده و بیشتر به صورت کانی‌های کربناتی (مالاکیت و آزوریت) ظاهر شده است. همچنین همبستگی بین نقره و آرسنیک بسیار ضعیف بوده که نشان دهنده نبود ترکیب‌های آرسنیکی نقره (استفانیت) است. همچنین عنصر نقره با گوگرد همبستگی ضعیفی دارد، بنابراین ترکیب‌های سولفیدی نقره چون آرژنیت و آکانتیت بی اهمیت هستند و بالا بودن عیار نقره در تجزیه‌ها به احتمال بسیار به دلیل حضور آن در ساختار بلورین کانی‌های مس (چون کالکوسیت و کالکوپیریت) و گالن است [۳۴]. آهن نیز دارای همبستگی مثبت و شدیدی با روی است که می‌تواند دلیل انتقال روی و فسفر به وسیله جذب سطحی اکسیدهای آهن آبدار باشد [۳۶،۳۵].

جدول ۱ نتایج تجزیه رگه‌های کانه‌دار منطقه قربان به روش ICP-OES.

عنصر / شماره نمونه	GH-1	GH-2	GH-3	GH-4	GH-5	GH-6	GH-7	GH-8	GH-9	GH-10	GH-11	GH-12	GH-13	GH-14
Ag (ppm)	۱۵	۵۶	۳۲	۱۵	۹	۲۰	۲۵	۱۴	۱۲	<۱	۲۸	۱۲	<۱	۱۷
Al (٪)	۱٫۰۴	۲٫۵۲	۰٫۸۵	۲٫۱	۴٫۱۹	۳٫۳۹	۳٫۲۲	۳٫۵۹	۳٫۳۹	۱٫۲	۱٫۳۴	۱٫۵۳	۵٫۶۵	۱٫۳۵
As (ppm)	<۱۰	<۱۰	۱۶	۳۸	<۱۰	<۱۰	۲۲	۳۰	۱۲	<۱۰	۱۹	۱۱	<۱۰	۱۷
Ca (٪)	۳٫۴۷	۴٫۷	۱٫۶۸	۰٫۷۵	۴٫۰۱	۴٫۵	۲٫۷۷	۲٫۹۴	۵٫۰۴	۱٫۸۴	۲٫۱۲	۳٫۰۳	۳٫۱۱	۰٫۱۸
Co (ppm)	۵	۲۰	۷	۱۸	۱۸	۲۷	۱۵	۱۵	۱۴	۵	۱۰	۱۱	۳۲	۴
Cr (ppm)	۶۰	۴۴	۷۴	۶۰	۲۶۷	۴۰	۴۱	۴۵	۷۶	۶۶	۶۵	۳۶۵	۶۰	۱۱۶
Cu (ppm)	۶۶۸۴	۲۶۳۳۳	۱۰۷۴۰	۵۴۰۴	۶۵۷۵	۱۹۱۲۰	۱۴۳۳۷	۱۴۳۴۵	۴۹۷۵	۹۷۶۵	۱۸۲۴۳	۷۸۲۶	۱۵۱	۷۳۲۶
Fe (٪)	۲٫۵	۶٫۵۲	۳٫۸۴	۵٫۴۴	۴٫۱۴	۷٫۲۱	۷٫۸۱	۴٫۰۱	۳٫۲۴	۲٫۷۶	۴٫۵۲	۴٫۱۷	۵٫۴۷	۱٫۶۱
K (٪)	۰٫۴	۱٫۱۴	۰٫۳۵	۱٫۱۵	۲٫۰۹	۱٫۶۸	۱٫۷۷	۱٫۶۱	۱٫۶۵	۰٫۵۶	۰٫۵۶	۰٫۶	۱٫۹۲	۰٫۹۸
La (ppm)	۱۷	۲۲	۱۴	<۱۰	۲۴	۲۲	۱۹	۲۴	۳۳	۱۶	۱۶	۱۹	۳۴	<۱۰
Mg (٪)	<۰٫۱	۰٫۷۷	<۰٫۱	۰٫۴۶	۰٫۲۶	۱٫۲۲	۰٫۶۲	۰٫۴	۰٫۲۳	<۰٫۱	۰٫۳۴	۰٫۱	۲٫۰۲	<۰٫۱
Mn (ppm)	۱۵۲۴	۲۳۰۴	۱۴۴۷	۲۴۵۳	۱۴۱۴	۲۹۲۰	۱۲۴۱	۱۳۷۴	۱۴۴۶	۸۳۸	۱۵۷۹	۱۶۲۰	۱۲۳۹	۳۴۹
Mo (ppm)	۱۷	۱۳	۲۴	۱۲	۱۲	۱۶	۷	۲	۶	۶	۲۷	۲۸	۵	۷
Na (٪)	۰٫۱۴	۰٫۱۴	۰٫۱۴	۰٫۹۴	۰٫۱	۰٫۲	۰٫۱۳	۰٫۳۲	۰٫۱۲	<۰٫۱	<۰٫۱	۰٫۱۵	۲٫۱۳	<۰٫۱
Ni (ppm)	۲۹	۲۳	۳۳	۲۶	۱۱۲	۱۹	۱۸	۱۶	۲۱	۲۸	۳۰	۱۵۱	۱۵	۷
P (٪)	۰٫۰۲	۰٫۰۶	۰٫۰۲	۰٫۰۴	۰٫۰۸	۰٫۰۶	۰٫۰۶	۰٫۰۷	۰٫۰۶	۰٫۰۳	۰٫۰۴	۰٫۰۳	۰٫۱۳	۰٫۰۲
Pb (ppm)	۲۱۱۶	۲۴۴	۳۲۱۲	۲	۴۲۴	۷۰۰۴	۱۱۴۷	۱۱۹۹۱	۷۴۰	۱۰۰۶	۵۸۳۴	۲۲۲۳	۳۴۴	۱۵۳۸۴۵
S (٪)	۰٫۱۸	۰٫۸۵	۰٫۲۹	۱٫۰۵	۰٫۰۹	۰٫۸۸	۰٫۱۷	۰٫۱۷	۰٫۲۱	۰٫۳۱	۰٫۷۵	۰٫۲۲	<۰٫۱	۰٫۱۷
Sc (ppm)	<۵	۸	<۵	۷	۱۰	۱۱	۸	۹	۱۰	<۵	<۵	<۵	۱۴	<۵
Sr (ppm)	۳۱	۶۶	۳۱	۷۳	۴۰	53	۶۲	۱۱۹	۴۷	۲۹	۴۸	۳۸	۳۱۱	۱۹۹
Ti (٪)	۰٫۰۶	۰٫۱۵	۰٫۰۷	۰٫۱۴	۰٫۳	۰٫۲	۰٫۲۲	۰٫۲۲	۰٫۲۵	۰٫۰۹	۰٫۰۸	۰٫۰۹	۰٫۴	۰٫۰۸
V (ppm)	۱۵۹	۱۱۴	۱۴۴	۸۲	۴۴۰	۱۷۱	۱۴۶	۱۵۹	۳۱۹	۳۱۸	۲۲۰	۲۱۸	۲۱۸	۲۰۱
Zn (ppm)	۳۸۲	۴۱۰	۵۹۵	۱۱۲۰	۲۲۷	۴۱۲	۶۳۹۰	۴۰۶	۲۰۹	۲۱۷	۳۲۴	۴۷۰	۳۲۱	۱۷۴
Au (ppb)	۴۴۱۲	۹۵۹	۱۷۷۵	۲۲۲۱						۹۸۲	۲۴۴۴	۷۳۲۲		



شکل ۷ نمودارهای همبستگی رتبه‌ای پیرسون بین عناصر Ag-As، Ag-Cu، Ag-S، Cu-Pb، Cu-S، Cu-Zn، Fe-Zn، Pb-As و Pb-Zn در کانسار چندفلزی قربان.

سیال‌های درگیر

به منظور بررسی سیال‌های درگیر، از نمونه‌های برداشت شده از رگه‌های کوارتزی و کلسیتی در منطقه معدنی تعداد ۲ مقطع دو بر صیقل مناسب تهیه شد. نخست بررسی‌های سنگ‌نگاری آنها و سپس اندازه‌گیری پارامترهای دمایی با صفحه گرم‌کننده و منجمدکننده لینکام مدل THMS600 نصب بر میکروسکوپ زایس Axioplan2 انجام شد که چکیده نتایج در جدول‌های ۲ تا ۴ آورده شده است.

در منطقه اکتشافی قربان، بررسی سنگ‌نگاری میانبارها با در نظر گرفتن شکل، اندازه، اولیه و یا ثانویه بودن، مقدار فازهای موجود، نوع کانی‌های نوزاد در صورت امکان تشخیص آن‌ها انجام شد. سیال‌های درگیر مورد بررسی دوفازی غنی از مایع (L+V) هستند که بیشتر آن‌ها تنها از مایع آبگین و تعداد کمی نیز از مایع آبگین به همراه حباب بخار تشکیل شده‌اند. اندازه میانبارهای سیال‌های درگیر ۵- ۲۴ میکرومتر است. سیال‌های درگیر در نمونه‌های منطقه قربان بی‌شکل هستند. میانبارهای سیال همه در دمای اتاق از نوع اولیه (میانبارهای پراکنده و جدا از هم) هستند، به جز یک مورد که از نوع ثانویه (در راستای شکستگی‌ها) است و در نمونه کوارتز شناسایی شد (شکل ۸).

[DOR: 20.1001.1.17263689.1401.30.3.1.9]
[DOI: 10.52547/ijcm.30.3.381]

جدول ۲ پارامترهای آماری داده‌های بهنجار شده در منطقه معدنی قربان.

عناصر	میانگین	میانه	مد	انحراف معیار	ضریب تغییرات	واریانس	چولگی	کشیدگی	مینیمم	ماکزیمم
Ag (ppm)	۰٫۴۸۲۸۲	۰٫۴۱۷۴۴	۰٫۴۱۷۴۵	۰٫۲۸۶۹۲	۰٫۵۹۴۲۶	۰٫۰۸۲	۰٫۳۵۷	-۰٫۷۸۹	۰٫۰۷۷	۰٫۹۸۷
Pb (ppm)	۰٫۲۴۶۹۲	۰٫۲۴۶۹۱	۰٫۲۴۶۸۴۵	۰٫۰۰۰۰۵۱۱	۰٫۸۷۰۲۷	۰	۱٫۰۴۵	-۰٫۸۱۸	۰٫۲۴۶۸۴	۰٫۲۴۷
Zn (ppm)	۰٫۰۳۸۲۳	۰٫۰۳۸۲۴	۰٫۰۳۸۵۴۴	۰٫۰۰۰۱۷۹۲	۰٫۰۰۴۶۸۸	۰	۰٫۳۸۱	-۰٫۳۹۱	۰٫۰۳۷۹۶	۰٫۰۳۸۵۴
Au (ppb)	۰٫۰۸۷۲۵	۰٫۰۸۷۲۵	۰٫۰۸۷۱۸۵	۰٫۰۰۰۰۵۵۹	۰٫۰۰۰۶۴	۰	۰٫۲۹۱	-۰٫۸۹	۰٫۰۸۷۱۸	۰٫۰۸۷۳۳
Cu (ppm)	۰٫۴۷۹۶۹	۰٫۳۸۵۵	۰٫۰۵۹۵۱۱	۰٫۲۹۵۱۳	۰٫۶۱۵۲۵	۰٫۰۸۷	۰٫۴۷۲	-۰٫۷۱۶	۰٫۰۵۹۵۱	۰٫۹۸۷۵۷

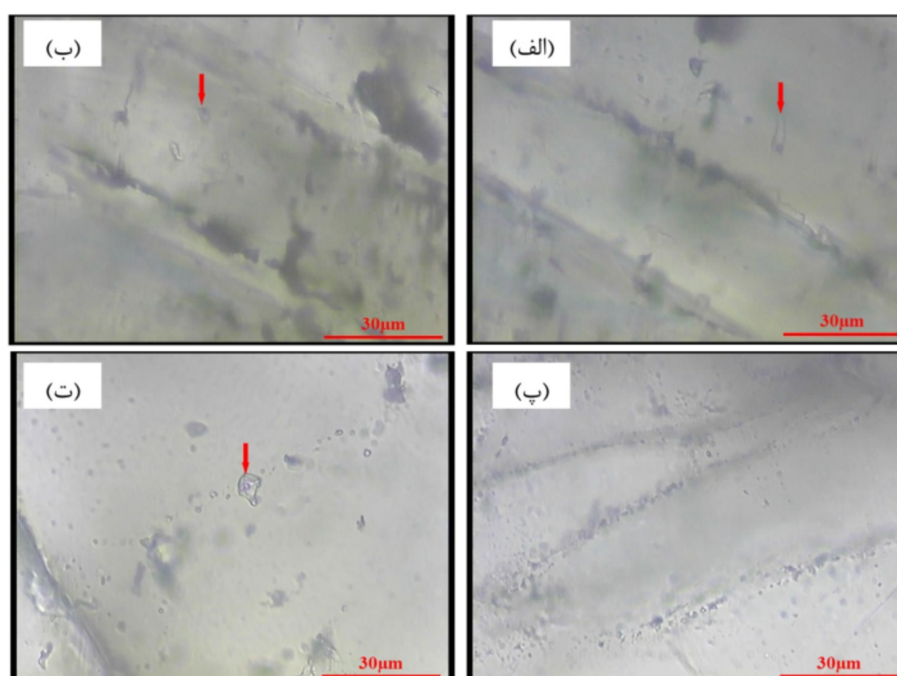
جدول ۳ چکیده نتایج بررسی سیال‌های درگیر در کانسار چندفلزی قربان

اندازه(μm)	نوع	خاستگاه	Te (°C)	Tmice (°C)	Thydrohalite (°C)	wt% NaCl	wt% CaCl2	Thv-l (°C)	چگالی g/cm3	شکل	درجه پرشدگی	کانی میزبان
۷	L+V	اولیه	-۲۱	-۳٫۵	.....	۵٫۷۱	.....	۱۵۷	۰٫۹۵۳	نا منظم	۰٫۹	کوارتز
۵				-۵٫۵		۸٫۵۵		۱۳۵	۰٫۹۹۲			
۵				-۳		۴٫۹۶		۱۹۵	۰٫۹۰۹			
۷				-۴		۶٫۴۵		۱۶۲	۰٫۹۵۴			
۶				-۴٫۵		۷٫۱۷		۱۵۰	۰٫۹۷۰			
۱۵				-۴		۶٫۴۵		۱۳۰	۰٫۹۸۱			
۵				-۳٫۵		۵٫۷۱		۱۱۲	۰٫۹۹۰			
۵				-۳		۴٫۹۶		۱۳۰	۰٫۹۷۱			
۱۷				-۱٫۵		۲٫۵۷		۱۵۳	۰٫۹۳۶			
۱۱				-۱۴٫۵		۱۸٫۲۲		۱۵۰	۱٫۰۵۲			
۱۲				-۲		۳٫۳۹		۱۳۵	۰٫۹۵۷			
۱۵				-۰٫۵		۰٫۸۸		۱۳۷	۰٫۹۴۰			
۲۴			nv	nv		.....		۱۴۳	.....			
۱۵			-۴۵	-۱۴٫۱	-۲۵	۱۰٫۱۱	۷٫۳۸	۱۲۵	۱٫۰۶۹			
۱۵				-۱۷	-۲۴٫۹	۱۱٫۴۹	۸٫۱۲	۱۲۰	۱٫۰۹۱			

جدول ۴ چکیده نتایج بررسی سیال های درگیر در کانسار چندفلزی قربان

اندازه(μm)	نوع	خاستگاه	Te (°C)	Tmice (°C)	wt% NaCl	Thv-l (°C)	چگالی	شکل	درجه	کانی میزبان
۷	L+V	اولیه		-۸	۱۱٫۷۰	۱۶۰	۰٫۹۹۳	نامنظم	۰٫۹	کربنات
۸				-۱۰	۱۳٫۹۴	۱۵۸	۱٫۰۱۲			
۸				nv	.....	۱۶۲	.....			
۱۲				-۱۰٫۵	۱۴٫۴۶	۱۶۱	۱٫۰۱۳			
۹				-۵٫۵	۸٫۵۵	۱۴۶	۰٫۹۸۳			
۸				nv	.....	۱۹۷	.....			
۱۵				-۸	۱۱٫۷۰	۱۷۶	۰٫۹۷۹			
۱۰				-۹	۱۲٫۸۵	۱۳۷	۱٫۰۲۱			
۶				-۱۰	۱۳٫۹۴	۱۵۰	۱٫۰۱۹			
۷				-۹	۱۲٫۸۵	۲۵۴	۰٫۹۰۶			
۷				nv	.....	۲۰۷	.....			
۱۲				-۹	۱۲٫۸۵	۲۱۰	۰٫۹۵۴			
۱۶				-۵٫۵	۸٫۵۵	۱۶۸	۰٫۹۶۳			
۱۲				-۵٫۷	۸٫۸۱	۱۵۸	۰٫۹۷۴			
۹				-۳	۴٫۹۶	۱۸۶	۰٫۹۱۹			
۹				nv	.....	۱۶۹	.....			

[DOR: 20.1001.1.17263689.1401.30.3.1.9]
[DOI: 10.52547/ijcm.30.3.381]

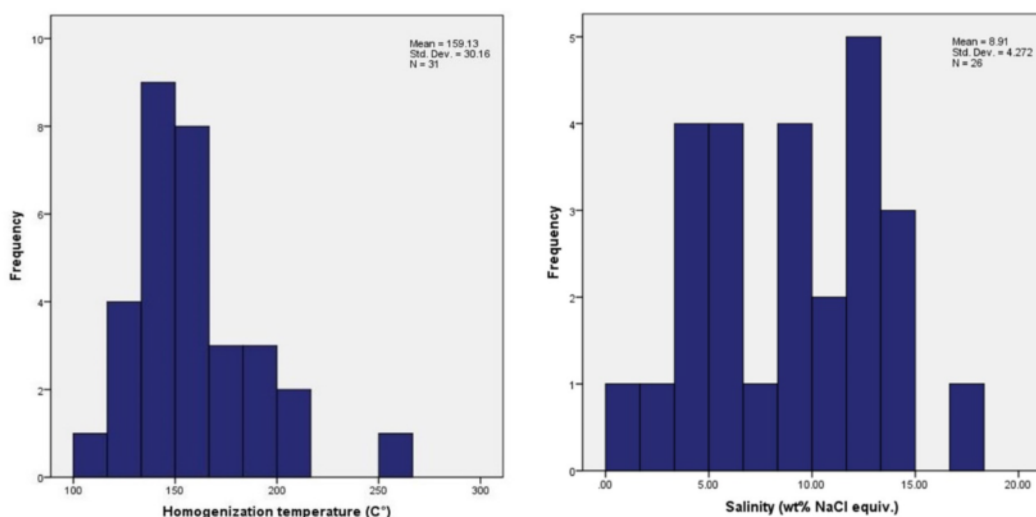


شکل ۸ الف) میانبار دو فازی غنی از مایع. ب) میانبار دوفازی غنی از مایع شامل مایع آبگین و حباب بخار. پ) میانبار دو فازی غنی از مایع. ت) میانبارهای ثانویه در روند خطی.

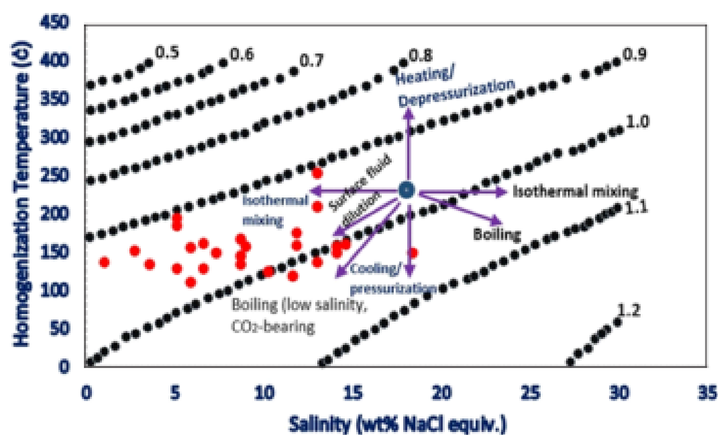
نتایج و تفسیر سیال‌های درگیر

برای بررسی‌های زمین‌دماسنجی از سیال‌های درگیر اولیه استفاده شد، زیرا از سیال‌های ثانوی هیچ اطلاعاتی از ماهیت سیال در زمان تشکیل سیال به دست نمی‌آید [۳۷]. ریزدماسنجی میانبارهای سیال منطقه اکتشافی قربان بر ۳۱ سیال درگیر انجام شد (جدول‌های ۳ و ۴). دمای همگن‌شدگی در منطقه قربان ۲۵۴-۱۱۲ درجه سانتی‌گراد به دست آمد که در دو گستره دمایی ۱۵۰-۱۳۵ و ۱۶۵-۱۵۰ درجه سانتیگراد قله‌های مشخصی دیده می‌شود (شکل ۹ ب). دمای همگن شدگی می‌تواند برآوردی از دمای سیال طی به دام افتادن در کانی میزبان باشد و گستره دمایی می‌تواند مربوط به فعالیت فازهای گرمابی و دمای تشکیل کانسار باشد [۳۸]. دمای همگدازی به‌دست آمده از بیشتر سیال‌های درگیر در منطقه بین ۲۱- و ۴۵- درجه سانتی گراد است که نشان می‌دهد که سیال افزون بر نمک‌های اصلی Na^{+}دار، دارای کاتیون‌های دیگری چون Ca^{2+}، K^{+} و Mg^{2+} است [۳۹، ۴۰]. دمای ذوب آخرین قطعه یخ سیال‌های درگیر (Tmice) از ۱۷- تا ۱٫۵- درجه سانتی گراد است که شوری محاسبه شده از ۰٫۸۸ تا ۱۸٫۲۲ درصد وزنی معادل NaCl تغییر می‌کند (شکل ۹ الف). براساس نمودار شوری-دمای همگن‌شدگی [۴۱]، چگالی سیال در گستره ۱٫۱-۰٫۹ گرم بر سانتی‌متر مکعب است (شکل ۱۰) که نشان می‌دهد که تغییرات شوری در منطقه گستردگی بسیاری دارد. تغییرات گستره شوری میانبارهای سیال می‌تواند ناشی از آمیختگی سیال‌های با شوری مختلف [۴۲]، به دام افتادن میانبارهای سیال در مراحل مختلف کانه‌زایی، یا حذف انتخابی آب پس از به دام افتادن توسط سازوکار جدایش باشد [۴۳، ۴۴]. با توجه به نمودار تعیین کننده جهت‌های اصلی دمای همگن‌شدگی- شوری طی فرایندهای مختلف تکامل سیال‌های درگیر ویلکینسون [۴۵]، روندهای فیزیکی اصلی منطقه شامل آمیختگی، رقیق‌شدگی، سیال‌های سطحی و جوشش هستند (شکل ۱۰). این روندهای فیزیکی نشان‌دهنده آمیختگی یک سیال داغ و شور با یک سیال سردتر و رقیق‌تر هستند. به منظور تعیین نوع کانسار قربان از نمودار مرجع [۴۶] استفاده شد. بر این اساس، این میانبارها تقریباً در گستره فراگرمایی نزدیک به شرایط گرمابی متوسط دما قرار دارند. بنابراین با توجه به این یافته‌ها می‌توان دلیل شکل‌گیری محلول‌های گرمابی را جوشش و آمیختگی سیال‌های گرمابی بیان کرد (شکل ۱۱). با استفاده از نمودار میزان شوری نسبت به دمای همگن‌شدگی [۴۷-۴۹] می‌توان خاستگاه سیال کانسارساز را پیش‌بینی کرد. بر این اساس، بیشترین تمرکز میانبارهای سیال در منطقه در گستره آب‌های با خاستگاه دریایی و دگرگونی قرار دارند (شکل ۱۲).

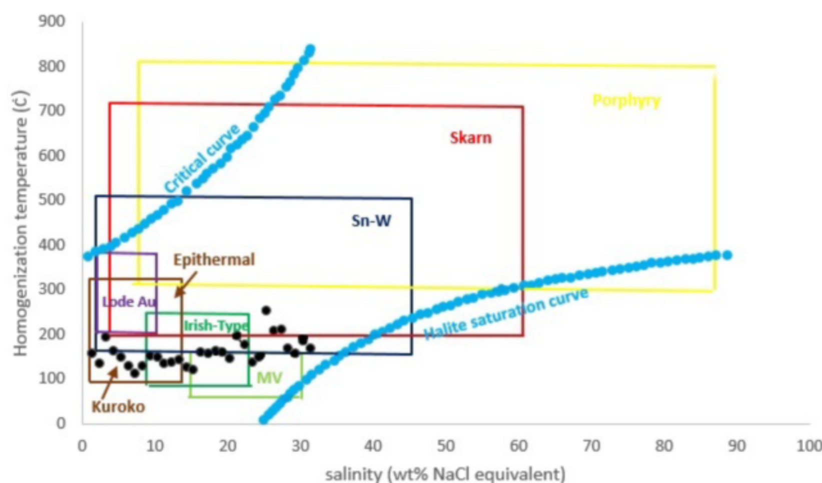
[DOR: 20.1001.1.17263689.1401.30.3.1.9]
[DOI: 10.52547/ijcm.30.3.381]



شکل ۹ الف) نمودار فراوانی دمای همگن‌شدگی (برحسب درجه سانتیگراد) سیال‌های درگیر برای کانسار قربان ب) نمودار فراوانی میزان شوری (برحسب درصد وزنی معادل NaCl) برای کانسار قربان.

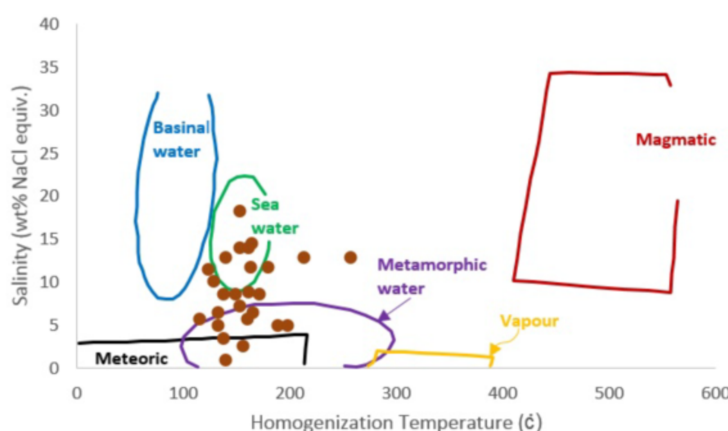


شکل ۱۰ نمودار دمای همگن‌شدگی و شوری در سیال‌های درگیر کانسار قربان و جهت‌های اصلی دمای همگن‌شدن- شوری طی فرایندهای مختلف تکامل سیال‌های درگیر [۳۸].



شکل ۱۱ نمودار شوری- دمای همگن‌شدگی انواع مختلف کانسارها [۳۸]. که براساس آن، کانسار قربان در گستره کانسارهای فراگرمایی نزدیک به شرایط متوسط دما قرار دارد.

[DOR: 20.1001.1.17263689.1401.30.3.1.9]
[DOI: 10.52547/ijcm.30.3.381]



شکل ۱۲ نمودار میزان شوری نسبت به دمای همگن‌شدگی تعیین خاستگاه سیال کانسارساز [۴۲، ۴۳].

برداشت

منطقه معدنی قربان در جنوب دامغان و شمال روستای سطوه، در نیمه شرقی پهنه آتشفشانی- آذرین نفوذی ترود – چاه شیرین واقع است. کانسار قربان شامل کانی‌سازی رگه‌ای چندفلزی (Pb-Cu-Zn-Ag) در سنگ میزبان آندزیت، آندزیت- بازالتی است. دگرسانی‌های سیلیسی، سرسیتی و آرژیلیکی مهم‌ترین دگرسانی‌های در ارتباط با کانی‌سازی در منطقه و دگرسانی‌های پروپلیتی و کلریتی مربوط به سنگ‌های آتشفشانی منطقه هستند. با بررسی کانه‌ها در مقاطع صیقلی و نازک- صیقلی، کانه زایی به انواع درونزاد و برونزاد قابل تقسیم است؛ کانه‌های درونزاد شامل گالن، کالکوپیریت، پیریت، هماتیت، مگنتیت، بورنیت، تتراهدریت و کالکوسیت هستند و سپس در اثر غنی‌شدگی‌های ثانویه کانه‌های برونزاد شامل کوولیت، کالکوسیت، سروزیت، مالاکیت، آزوریت و اکسید و هیدروکسیدهای آهن (لیمونیت و گوتیت) تشکیل شده‌اند. عیار میانگین عناصر در منطقه معدنی قربان ۱۸٫۳۴ گرم در تن برای نقره، ۱٫۵۵ درصد وزنی برای سرب، ۰٫۰۸ درصد وزنی برای روی و ۱٫۰۸ درصد وزنی برای مس است. بررسی‌های زمین شیمیایی نشان داد که عنصر مس با سرب و روی همبستگی بسیار ضعیف و با نقره همبستگی مثبت و شدیدی دارد. با توجه به بررسی میانبارهای سیال در کانسار قربان، سیال مسؤول کانی‌سازی دارای دما و شوری پایین تا متوسط است که این امر با کانی‌شناسی کانسنگ همخوانی دارد. با توجه به نمودارهای دمای همگن‌شدگی و شوری سیال می‌توان نتیجه گرفت که آمیختگی با آب دریا و سردشدگی و به احتمال آمیختگی دو سیال با شوری متفاوت، یعنی ورود یک سیال با شوری بیشتر به درون سیالی با شوری کمتر، علت تشکیل کانسار بوده‌است. همچنین براساس نمودارهای دمای همگن‌شدگی و شوری سیال و بدون استفاده از داده‌های ایزوتوپی، پیش‌بینی می‌شود که خاستگاه سیال کانسارساز در منطقه آب‌های با خاستگاه دریایی و دگرگونی باشد. با توجه به دمای همگن‌شدگی و شوری بدست آمده از منطقه قربان، می‌توان انتظار داشت که این کانسار در گستره کانسارهای فراگرمایی قرار دارد، ولی اطمینان از این پیش‌بینی و تعیین دقیق خاستگاه سیال نیازمند تجزیه ایزوتوپی است.

مراجع

[1] Nabavi M.H., "*An Introduction to the Iran Geology (in Persian)*" Geological Survey & Mineral exploration of Iran (1976) 458 p.

[2] Salehinasab S., Fardoust F., Soltani A., "*Mineralogy, geochemistry and conditions of forming of the Bandgheichi copper deposit, Torud region, Shahroud south (in Persian)*", Iranian journal crystallography and mineralogy 27 (2019) 521-536.

[3] Ghorbani G., Vosoughi-Abedini M., Ghasemi H., "*Termobarometry of the granitoid intrusion in Torud- Chahshirin region (Damghan south) (in Persian)*", Iranian journal crystallography and mineralogy 1 (2005) 95-106.

[4] Ghorbani G., Vosoughi-Abedini M., Ghasemi H., "*Study of mineralogy and thermometry of the quartz-tourmaline veins in Baghu region, Damghan southeast (in Persian)*", Iranian journal crystallography and mineralogy 24 (2016) 661-674.

[5] Mosadegh M., Fardoust F., Soltani A., "*Mineralogy and geochemistry and the origin of the Helalan manganese deposit, Damghan south (in Persian)*", Iranian journal crystallography and mineralogy 26 (2018) 945-960.

[6] Rouhbakhsh P., Karimpour M.H., Malekzade-Shafaroudi A., "*Mineralization and study of fluid inclusions involved in the northern part of the*

[DOR: 20.1001.1.17263689.1401.30.3.1.9]
[DOI: 10.52547/ijcm.30.3.381]

[DOR: 20.1001.1.17263689.1401.30.3.1.9]

[DOI: 10.52547/ijcm.30.3.381]

National Conference on the Study of New Achievements in Earth Sciences (2009) 1-5.

[17] Hooshmandzadeh A., Alavi-Naeini M., Haghipour A., "*The evolution of the Troud geology phenomena from pre-Cambrian to the present era (in Persian)*", Geological Survey & Mineral exploration of Iran (1978) 138 p.

[18] Rashid Nejad omaran N., "*Study of the petrological and magmatic developments and its relationship with gold mineralization in Baghu region (south of Damghan) (in Persian)*", M.Sc thesis, Faculty of Science, Kharazmi University of Tehran (1992).

[19] Ahmadi Shad A., "*Study of mineralogy, alteration and lithogeochemistry of Baghu gold (Damghan Kuh Zar) (in Persian)*", M.Sc thesis, Faculty of Earth Sciences, Shahid Beheshti University (1997).

[20] Eshraqi S., Jafarian M., "*Study of the Mineral Reserves of Semnan Province (Peshk area Plan) (in Persian)*", Kan Kavan advisers, Mining Deputy of the mines and metals ministry, Report 1 and 2 (1995).

[21] Mehri, B., "*Mineralogy, Geochemistry, Facies analysis and genesis of the Khanjar Pb-Ag deposit (South Damghan) (in Persian)"*, M.Sc Thesis, Faculty of Science, Kharazmi University of Tehran (1998).

[22] Fard, M., "*Mineralogy, Geochemistry and Genesis of the Gandi Pb-Zn-Cu-Au deposit, Southeast Damghan (in Persian)"*, M.Sc Thesis, Faculty of Science, Tarbiat Modares University (2001).

[23] Shamaanian Gh., "*Study of alteration and hydrothermal mineralization of the base and precious metals in the area of Moalleman (in Persian)*", PhD thesis, Faculty of Earth Sciences, Shahid Beheshti University of Tehran (2004).

[24] Sheibi M., "*Study of Petrology and Geochemistry of the Panj-Kuh Iron deposit, South of Damghan (in Persian)*", M.Sc. Thesis, University of Tehran (2004).

[25] Ghasemi Siani M., "*Geology, Mineralogy, Geochemistry and Genesis of the Semnan Cheshmeh Hafez Polymetallic deposit (Southeast Damghan) (in Persian)"*, M.Sc. Thesis, Faculty of Earth Sciences, Kharazmi University of Tehran (2009).

[26] Haghighi A., "*Metallogenic of Base Metals and Gold in Volcanic-Intrusion Belt of the Torud-Chah shirin area (in Persian)"*, PhD Thesis, Shahid Beheshti University (2010).

[27] Aghamiri J., "*Geochemistry, Mineralogy and Genesis of the cheshmehsehpid- Abolhassani Polymetallic deposit (in Persian)"*, M.Sc. Thesis,

Kuhzar gold-copper deposite, Damghan (Firoozeh-Gheichi region) (in Persian)", Iranian journal crystallography and mineralogy 26 (2018) 611-624.

[7] Hooshmandzadeh A., Alavi-Naeini M., Haghipour A., "*The evolution of the Troud geology phenomena from pre-Cambrian to the present era (in Persian)*", Geological Survey & Mineral exploration of Iran (1978) 138 p.

[8] TaleFazel, E., Mehrabi, B., & GhasemiSiani, M. (2019). Epithermal systems of the Torud–Chah Shirin district, northern Iran: Ore-fluid evolution and geodynamic setting. *Ore Geology Reviews*, *109*, 253-275.

[9] Safari-Sarkaleh S., "*Geochemistry, mineralogy and genesis of Ghorban polymetals ore deposite, SE of Damghan (in Persian)*", M.Sc thesis, Faculty of Earth Sciences, Shahid Beheshti University (2020).

[10] Safari -Sarkale S., Yazdi M., Farahani Kangarani F., "*Characteristics of the texture, mineralogy and alteration of Ghorban polymetals ore deposite, SE of Damghan, Central Iran (in Persian)*", 11th Symposium of Iranian Society of Econamic Geology, Shahid Chamran University of Ahvaz (2019).

[11] Safari -Sarkale S., Yazdi M., Farahani Kangarani F., "*Characteristics of the alteration and mineralization fluids in Ghorban polymetals ore deposite, SE of Damghan, Central Iran (in Persian)*", Third Bennial Iranian National Fluid Inclusion conference, University of Zanjan (2019).

[12] Gharesi R., Rasa I., Yazdi M., "*Investigation of Mazraeh Skarn mineralization, North of Ahar, with an emphasis on fluid inclusion studies (in Persian)*",, Iranian journal crystallography and mineralogy 26 (2018) :229-244.

[13] Arab-Ameri F., Yazdi M., Behzadi M., Moradi M., "*Petrographic, Mineralography and alterations in iron mine of the Panj Kūh Damghan (in Persian)*", Lithology Quarterly of Ashtian Azad University 1 (2011) 43-57.

[14] Arab-Ameri F., Yazdi M., Behzadi M., Moradi M., "*Petrographic, Mineralography and alterations in iron mine of the Panj Kūh Damghan (in Persian)*", 2nd Conference of Earth Sciences - Ashtian (2011) 1-15.

[15] Arab-Ameri F., Yazdi M., Behzadi M., Moradi M., "*Gold mineralization in iron mine of the Panj Kūh Damghan (in Persian)*", Third Conference of the Iranian Economic Geological Society, Ahvaz (2011) 1-7.

[16] Azizian A., Yazdi M., Moghaddasi S.J., "*Mineralogy and Geochemistry in Lajneh Iron deposite, Shahroud Southeast (in Persian)*",

[DOR: 20.1001.1.17263689.1401.30.3.1.9]
[DOI: 10.52547/ijcm.30.3.381]

[38] Roedder E., "*Fluid inclusions*" Reviews in Mineralogy 12, Mineralogical Society of America (1984) 646p.

[39] Shephard T.J., Rankin A.H., Alderton D.H., "*A Practical Guide to Fluid Inclusion Studies*" Blackie and Sons (1985) 239p.

[40] Mirzaei M., Bagheri H., Ayati F., "*Petrography and fluid inclusions study in Marbin porphyry Molybdenum (Sn) index (northeast of Isfahan) (in Persian)*", Petrology 25(2015)1-18.

[41] Payamani R., Hasan-Nejad A.A., KolahiAzar A.P., "*Study of geological environment of the Astaneh fluorine deposit using the studies of the fluid inclusions (in Persian)*", Specialized and national conference on the application of fluids inclusion in earth sciences, Zanjan University (2017).

[42] Borisenko A.S., "*Studies of salinity of gas-liquid inclusions in minerals by the cryometric method*", Soviet Geology and Geophysics 18 (1977) 11-19.

[43] Crawford M.L., "*Phase equilibrium in aqueous fluid inclusions. In: Short course in Fluid Inclusions (Eds. Hollister L.S. and Crawford M.L.) application to Petrology*", Mineralogical Association of Canada 6 (1981) 75-100.

[44] Wilkinson J.J., "*Fluid inclusion in hydrothermal ore deposit*", Lithos 55(2001) 229-272.

[45] Shepherd T., Rankin A.H., Alderton, D.H.M., "*A practical guide to fluid inclusion studies*" (1985).

[46] Hall D.L., Bodnar R.J., Craig J.R., "*Evidence for post-entrapment diffusion of hydrogen into peak metamorphic fluid inclusion from the massive sulfide deposits at Duktown, Tennessee*", American Mineralogist 76(1991) 1344-1355.

[47] Frantz J.D., Popp R.K., Hoering T.C., "*The compositional limits of fluid immiscibility in the system H_2O- NaCl- Co2 as determined with the use of synthetic fluid inclusions in conjunction with mass spectrometry*", Chemical Geology 98 (1992) 237-255.

[48] Kesler S.E., "*Fluids in planetary systems: Ore-forming fluids*", Elements, 1 (2005) 13-18.

[49] Abu-Alam T., El Monsef M.A., Grosch E., "*Shear-zone hosted gold mineralization of the Arabian–Nubian Shield: devolatilization processes across the greenschist–amphibolite-facies transition*", Geological Society, London, Special Publications 478 (2019) 287-313.

Faculty of Earth Sciences, Shahid Beheshti University (2017).

[28] Arab Ameri F., "*Geochemical discoveries of gold in the Damghan Panj-Kuh region (in Persian)*", M.Sc. thesis, Faculty of Earth Sciences, Shahid Beheshti University (2012).

[29] Haghighi E., Alirezaei S., Ashrafpour E., "*Mineralization, alteration and the Mineralization fluid properties in the deposit of base and precious metals of Cheshmeh Hafez, Tarud– chah Shirin Mountain, North of Central Iran (in Persian)*" Geosciences Scientific Quarterly Journal 22 (2010) 88-99.

[30] Mahmoudi Nikoo M., "*Evaluation of environmental effects of the Cheshmeh Hafez Polymetallic deposit (Zn, Cu, Au, Pb and Ag), Torud region (in Persian)*", M.Sc. Thesis, Faculty of Earth Sciences, Shahroud University of Technology (2011).

[31] Kian Mining Pars Company "*Report of Geological Survey in Cheshmeh-Hafez Area (in Persian)*", (2015) 166p.

[32] Mohabati Z., Nezafati N., Jafari rad A., Zakariaie J., "*Multivariate Statistical Analysis of the Stream Sediment Geochemical Data From Kofaz-e Sofla Area (South Khorasan Province, East Iran) Together with Proposing Promising Mineralization Areas (in Persian)*", Geochemistry (2014) 247- 257.

[33] Cohen, D.R., et al., 1999, "Comparison of vegetation and stream sediment geochemical patterns in northeastern New South Wales", Journal of geochemical Exploration 66(3), P.469-489.

[34] Karimi M., "*Mineralogy, Geochemistry and Genesis of Chehrabad Copper and Lead Occurrence (Zanjan Province) (in Persian)*", Geochemistry (2015) 21- 36.

[35] Alaeibakhsh N., Shamanian GH "*Mineralogy, Geochemistry and Genesis of the Cu-Bearing Veins of the Nesen Formation, Southwest of Amol, Central Alborz Zone (in Persian)*", Geochemistry (2015) 107- 118.

[36] Ghorbani Q., "*Petrology of the magmatic rocks of the Damghan South (in Persian)*", M.Sc. Thesis, Faculty of Earth Sciences, Shahid Beheshti University (2005).

[37] Durieux C.G, Brown A.C., "*Geological context, mineralization, and timing of the Juramento sediment-hosted stratiform copper-silver deposit, Salta district northwestern Argentina*", Miner Deposita 42(2007) 879-899.